

APPARATUS AND METHOD FOR RADIO TRANSMITTING AND RECEIVING, AND PROGRAM THEREOF

Publication number: JP2004320679 (A)

Publication date: 2004-11-11

Inventor(s): HAMAGUCHI KIYOSHI

Applicant(s): NAT INST INF & COMM TECH

Classification:

- international: *H04B1/713; H04J11/00; H04B1/69; H04J11/00; (IPC1-7): H04B1/713; H04J11/00*

- European:

Application number: JP20030115459 20030421

Priority number(s): JP20030115459 20030421

Abstract of **JP 2004320679 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a radio transmitting apparatus which is suitable to reduce the transmitting errors even if the amounts of interferences are different for the slots of a frequency hopping transmission. ; SOLUTION: The converter 102 of the apparatus 101 for transmitting Walsh-Hadamard transforms a transmitting signal. A serial-parallel converter 103 serial-parallel converts the transmitting signal. A modulator 104 OFDM-modulates the signals. A parallel-serial converter 105 parallel-serial converts the signals. A frequency hopping unit 106 frequency-hops the signal. A transmitting unit 107 transmits the signal. Meanwhile, the receiving unit of the apparatus for receiving receives the signal transmitted from the apparatus 101 for transmitting. A frequency de-hopping unit frequency de-hops the signal. The serial-parallel converter serial-parallel converts the signal. The demodulator OFDM-demodulates the signals. The parallel-serial converter parallel-serial converts the signals. An inverter performs the signal to inverse Walsh-Hadamard transforms to obtain a transmitting signal. ; COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIPI

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-320679

(P2004-320679A)

(43) 公開日 平成16年11月11日 (2004. 11. 11)

(51) Int. Cl. ⁷

H04B 1/713

// H04J 11/00

F 1

H04J 13/00

H04J 11/00

E

Z

テーマコード (参考)

5K022

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-115459 (P2003-115459)

(22) 出願日 平成15年4月21日 (2003. 4. 21)

(71) 出願人 301022471

独立行政法人情報通信研究機構

東京都小金井市貫井北町4-2-1

(74) 代理人 100095407

弁理士 木村 満

(74) 代理人 100110135

弁理士 石井 裕一郎

(72) 発明者 浜口 清

東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立

行政法人通信総合研究所内

Fターム (参考) 5K022 EE04 EE14

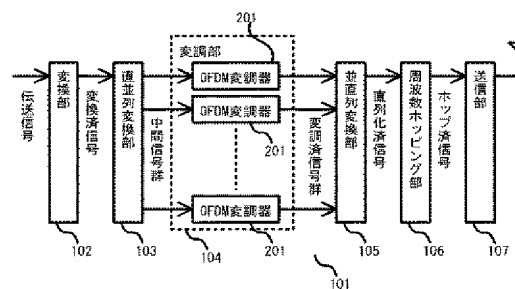
(54) 【発明の名称】 送信装置、受信装置、送信方法、受信方法、ならびに、プログラム

(57) 【要約】

【課題】周波数ホッピング伝送のスロットによって干渉量が異なる場合であっても伝送誤りを軽減するのに好適な送信装置、受信装置等を提供する。

【解決手段】送信装置101の変換部102は伝送信号をウォルシュ・アダマール変換し、直並列変換部103は、これを直並列変換し、変調部104は、それぞれの信号をOFDM変調し、並直列変換部105は、これらを並直列変換し、周波数ホッピング部106は、これを周波数ホッピングし、送信部107は、これを送信する。一方、受信装置の受信部は、送信装置101から送信された信号を受信し、周波数デホッピング部は、これを周波数デホッピングし、直並列変換部は、これを直並列変換し、復調部は、それぞれの信号をOFDM復調し、並直列変換部は、これらを並直列変換し、逆変換部は、これを逆ウォルシュ・アダマール変換して、伝送信号を得る。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

変換部と、直並列変換部と、変調部と、並直列変換部と、周波数ホッピング部と、送信部と、を備える送信装置であって、

前記変換部は、伝送信号をウォルシュ・アダマール (Walsh Hadamard) 変換して、これを変換済信号として出力し、

前記直並列変換部は、当該変換済信号を複数の信号に直並列変換して、これらを中間信号群として出力し、

前記変調部は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重 (OFDM; Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調して、これらを変調済信号群として出力し、

前記並直列変換部は、当該変調済信号群に含まれる変調済信号を並直列変換して、これを直列化済信号として出力し、

前記周波数ホッピング部は、当該直列化済信号を周波数ホッピングして、これをホップ済信号として出力し、

前記送信部は、当該ホップ済信号を送信することを特徴とするもの。

【請求項2】

請求項1に記載の送信装置であって、

前記変調部は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号について、

当該中間信号を直並列変換した結果と、ヌル信号と、既知信号と、をあわせて逆フーリエ変換し、その結果を並直列変換して、当該変調済信号群に含まれる変調済信号の1つを得る

ことを特徴とするもの。

【請求項3】

受信部と、周波数デホッピング部と、直並列変換部と、復調部と、並直列変換部と、逆変換部と、を備える受信装置であって、

前記受信部は、信号を受信して、これを受信信号として出力し、

前記周波数デホッピング部は、当該受信信号を周波数デホッピングして、これをデホップ済信号として出力し、

前記直並列変換部は、当該デホップ済信号を直並列変換して、これらを中間信号群として出力し、

前記復調部は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重 (OFDM; Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 復調して、これらを復調済信号群として出力し、

前記並直列変換部は、当該復調済信号群を並直列変換して、これを直列化済信号として出力し、

前記逆変換部は、当該直列化済信号を逆ウォルシュ・アダマール (Walsh Hadamard) 変換して、これを伝送信号として出力する

ことを特徴とするもの。

【請求項4】

請求項3に記載の受信装置であって、

前記復調部は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号について、

当該中間信号を直並列変換し、これらをフーリエ変換し、当該結果のうち、所定のサブキャリアに対応するものを干渉信号とし、他の所定のサブキャリアに対応するものを既知信号とし、これ以外のサブキャリアに対応するものを並直列変換して希望信号とし、

当該既知信号の電力と、当該干渉信号の電力と、から、重みを決定し、当該重みを当該希望信号に乗じて、当該復調済信号群に含まれる復調済信号の1つを得る

ことを特徴とするもの。

【請求項5】

請求項4に記載の受信装置であって、

当該復調済信号群のうちk番目の復調済信号は、当該既知信号の電力 $\sigma^2_s(k)$ 、当該干渉信号の電力 $\sigma^2_i(k)$ に対して、当該重み $\rho(k)$ を

$$\rho(k) = \sigma^2_s(k) / (\sigma^2_s(k) + \sigma^2_i(k))$$

と決定して、得る

ことを特徴とするもの。

【請求項6】

変換工程と、直並列変換工程と、変調工程と、並直列変換工程と、周波数ホッピング工程と、送信工程と、を備える送信方法であって、

前記変換工程では、伝送信号をウォルシュ・アダマール(Walsh Hadamard)変換して、これを変換済信号として出力し、

前記直並列変換工程では、当該変換済信号を複数の信号に直並列変換して、これらを中間信号群として出力し、

前記変調工程では、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重(OFDM; Orthogonal Frequency Division Multiplexing)変調して、これらを変調済信号群として出力し、

前記並直列変換工程では、当該変調済信号群に含まれる変調済信号を並直列変換して、これを直列化済信号として出力し、

前記周波数ホッピング工程では、当該直列化済信号を周波数ホッピングして、これをホップ済信号として出力し、

前記送信工程では、当該ホップ済信号を送信する

ことを特徴とする方法。

【請求項7】

請求項6に記載の送信方法であって、

前記変調工程では、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号について、

当該中間信号を直並列変換した結果と、ヌル信号と、既知信号と、をあわせて逆フーリエ変換し、その結果を並直列変換して、当該変調済信号群に含まれる変調済信号の1つを得る

ことを特徴とする方法。

【請求項8】

受信工程と、周波数デホッピング工程と、直並列変換工程と、復調工程と、並直列変換工程と、逆変換工程と、を備える受信方法であって、

前記受信工程では、信号を受信して、これを受信信号として出力し、

前記周波数デホッピング工程では、当該受信信号を周波数デホッピングして、これをデホップ済信号として出力し、

前記直並列変換工程では、当該デホップ済信号を直並列変換して、これらを中間信号群として出力し、

前記復調工程では、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重(OFDM; Orthogonal Frequency Division Multiplexing)復調して、これらを変調済信号群として出力し、

前記並直列変換工程では、当該復調済信号群を並直列変換して、これを直列化済信号として出力し、

前記逆変換工程では、当該直列化済信号を逆ウォルシュ・アダマール(Walsh Hadamard)変換して、これを伝送信号として出力する

ことを特徴とする方法。

【請求項9】

請求項8に記載の受信方法であって、

前記復調工程では、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号について、

当該中間信号を直並列変換し、これらをフーリエ変換し、当該結果のうち、所定のサブキャリアに対応するものを干渉信号、他のサブキャリアに対応するものを並直列変換して希

望信号とし、

当該既知信号の電力と、当該干渉信号の電力と、から、重みを決定し、当該重みを当該希望信号に乗じて、当該復調済信号群に含まれる復調済信号の1つを得る

ことを特徴とする方法。

【請求項10】

請求項9に記載の受信方法であって、

当該復調済信号群のうちk番目の復調済信号は、当該既知信号の電力 $\sigma^2_s(k)$ 、当該干渉信号の電力 $\sigma^2_i(k)$ に対して、当該重み $\rho(k)$ を

$$\rho(k) = \sigma^2_s(k) / (\sigma^2_s(k) + \sigma^2_i(k))$$

と決定して、得る

ことを特徴とする方法。

【請求項11】

コンピュータ(FPGA(Field Programmable Gate Array)、DSP(Digital Signal Processor)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を含む。)を、請求項1または2に記載の送信装置として機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項12】

コンピュータ(FPGA(Field Programmable Gate Array)、DSP(Digital Signal Processor)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を含む。)を、請求項3から5のいずれか1項に記載の受信装置として機能させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、周波数ホッピング伝送のスロットによって干渉量が異なる場合であっても伝送誤りを軽減するのに好適な送信装置、受信装置、送信方法、受信方法、ならびに、これらをコンピュータ(FPGA(Field Programmable Gate Array)、DSP(Digital Signal Processor)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、ソフトウェアラジオを含む。)により実現するプログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】

ディジタル無線伝送の分野では、従来から、周波数ホッピング通信方式による情報伝送が提案されている。この方式においては、各ユーザに伝送すべき情報の値(典型的には「0」と「1」)のそれぞれに対して、異なる周波数ホッピングパターンを割り当てる。そして、受信装置では、各ユーザに割り当てられた周波数ホッピングパターンを用いて、当該受信装置のユーザ宛の信号を、受信信号から抽出する。

【0003】

当該周波数ホッピングパターンは、周波数方向と時間方向に配置された行列と考えることができる。そして、各ユーザの各情報の値に対して、互いに異なる行列が割り当てられ、当該行列の所定の要素が「1」である場合当該時刻に当該周波数のトーン信号を出力することによって、信号の伝送を行う。この場合に、行列の各要素に対応する周波数ならびに時刻を、スロットと呼ぶ。

【0004】

一方、ディジタル無線伝送の分野については、以下の文献において、種々の技術が開示されている。

【0005】

【特許文献1】

特開2001-251199号

【特許文献2】

特開2000-115130号

【特許文献3】

特開平11-261531号

【非特許文献1】

Munster M., Hanzo L., "Performance of SDMA Multiuser Detection Techniques for Walsh-Hadamard-Spread OFDM Schemes," Proc. of the IEEE Vehicular Technology Conference, Vol. 4, pp. 2319-2323, 2001年9月

【非特許文献2】

浜口清、笹岡秀一、「対干渉復号を適用した直交FH/16QAM方式の特性」、電気情報通信学会論文誌、Vol. J78-B-11, No. 6, pp. 445-453, 1995年6月

【0006】

ここで、[特許文献1]には、再帰的組織畳み込み符号器および直交変調器との組合せを用いてデータ系列を送信する送信装置と、繰り返し復号を行う受信装置とを用いた通信システムの技術が開示されている。本技術では、送信装置において、複数のインターリーブが入力データ系列の順序を変更してエンコードに供給し、複数のエンコードがこれらを符号化し、エンコードの出力系列を多重化する。一方、受信装置において、2つの復号部分が、受信系列を復号し、少なくとも2つのデータ系列を出力し、繰り返し復号処理を行う。

【0007】

一方、[特許文献2]には、無線データシステム、無線電話システム、衛星リピータ式スペクトル拡散通信システム等の多重アクセスシステムに関する技術が開示されている。本技術では、多重直交コードを使用してスペクトル拡散通信信号を生成し、コード分割スペクトル拡散式通信システムで多重ウォルシュ関数のシフトキーイングを使用して信号変調を行う。そして、ユーザのエネルギー距離を改善して、非コヒーレント信号復調を行う。

【0008】

さらに、[特許文献3]には、直接シーケンス符号分割多重接続信号の干渉を抑制する技術が開示されている。本技術では、各受信回路において、セクタの信号上に存在するトラフィック・チャネルのセットを判定し、所定の干渉条件により干渉が格付けされ、干渉の格付けリストから干渉ベクトルのセットが選択されて、受信機の所望の符号またはウォルシュ符号の直交写像が計算され、受信回路は、その相関器において直交写像を利用して被受信データを逆拡散する。

【0009】

そして、[非特許文献1]には、空間分割多重伝送方式において、ウォルシュ・アダマール(Walsh-Hadamard)変換を利用して希望信号を拡散することにより、干渉信号を軽減する技術が開示されている。

【0010】

一方、[非特許文献2]には、周波数ホッピング通信方式において、誤り訂正符号に干渉信号検出技術を用いて消失復号を行い伝送品質を改善する技術、ならびに、ヌルシンボルを用いて干渉信号検出を行う技術が開示されている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、周波数ホッピング通信方式では、各ユーザによって周波数ホッピングパターンが異なり、このため各スロットの受ける干渉量も異なる。そこで、各スロットの受ける干渉量の相違を考慮して、受信特性をさらに向上させるための技術が強く望まれている。

【0012】

本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、周波数ホッピング伝送のスロットによって干渉量が異なる場合であっても伝送誤りを軽減するのに好適な送信装置、受信装置、送信方法、受信方法、ならびに、これらをコンピュータにより実現するプログラムを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

以上の目的を達成するため、本発明の原理にしたがって、下記の発明を開示する。

【0014】

本発明の第1の観点に係る送信装置は、変換部と、直並列変換部と、変調部と、並直列変換部と、周波数ホッピング部と、送信部と、を備え、以下のように構成する。

【0015】

すなわち、変換部は、伝送信号をウォルシュ・アダマール変換して、これを変換済信号として出力する。

【0016】

一方、直並列変換部は、当該変換済信号を複数の信号に直並列変換して、これらを中間信号群として出力する。

【0017】

さらに、変調部は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重 (OFDM; Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調して、これらを変調済信号群として出力する。

【0018】

そして、並直列変換部は、当該変調済信号群に含まれる変調済信号を並直列変換して、これを直列化済信号として出力する。

【0019】

一方、周波数ホッピング部は、当該直列化済信号を周波数ホッピングして、これをホップ済信号として出力する。

【0020】

さらに、送信部は、当該ホップ済信号を送信する。

【0021】

また、本発明の送信装置において、変調部は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号について、当該中間信号を直並列変換した結果と、ヌル信号と、既知信号と、をあわせて逆フーリエ変換し、その結果を並直列変換して、当該変調済信号群に含まれる変調済信号の1つを得るように構成することができる。

【0022】

本発明のその他の観点に係る受信装置は、受信部と、周波数デホッピング部と、直並列変換部と、復調部と、並直列変換部と、逆変換部と、を備え、以下のように構成する。

【0023】

すなわち、受信部は、信号を受信して、これを受信信号として出力する。

【0024】

一方、周波数デホッピング部は、当該受信信号を周波数デホッピングして、これをデホップ済信号として出力する。

【0025】

さらに、直並列変換部は、当該デホップ済信号を直並列変換して、これらを中間信号群として出力する。

【0026】

そして、復調部は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重復調して、これらを復調済信号群として出力する。

【0027】

一方、並直列変換部は、当該復調済信号群を並直列変換して、これを直列化済信号として

出力する。

【0028】

さらに、逆変換部は、当該直列化済信号を逆ウォルシュ・アダマール変換して、これを伝送信号として出力する。

【0029】

また、本発明の受信装置において、復調部は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号について、当該中間信号を直並列変換し、これらをフーリエ変換し、当該結果のうち、所定のサブキャリアに対応するものを干渉信号とし、他の所定のサブキャリアに対応するものを既知信号とし、これ以外のサブキャリアに対応するものを並直列変換して希望信号とし、当該既知信号の電力と、当該干渉信号の電力と、から、重みを決定し、当該重みを当該希望信号に乗じて、当該復調済信号群に含まれる復調済信号の1つを得るように構成することができる。

【0030】

また、本発明の受信装置において、当該復調済信号群のうちk番目の復調済信号は、当該既知信号の電力 $\sigma^2_s(k)$ 、当該干渉信号の電力 $\sigma^2_i(k)$ に対して、当該重み $\rho(k)$ を

$$\rho(k) = \sigma^2_s(k) / (\sigma^2_s(k) + \sigma^2_i(k))$$

と決定して、得るように構成することができる。

【0031】

本発明のその他の観点に係る送信方法は、変換工程と、直並列変換工程と、変調工程と、並直列変換工程と、周波数ホッピング工程と、送信工程と、を備え、以下のように構成する。

【0032】

すなわち、変換工程では、伝送信号をウォルシュ・アダマール変換して、これを変換済信号として出力する。

【0033】

一方、直並列変換工程では、当該変換済信号を複数の信号に直並列変換して、これらを中間信号群として出力する。

【0034】

さらに、変調工程では、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重変調して、これらを変調済信号群として出力する。

【0035】

さらに、並直列変換工程では、当該変調済信号群に含まれる変調済信号を並直列変換して、これを直列化済信号として出力する。

【0036】

一方、周波数ホッピング工程では、当該直列化済信号を周波数ホッピングして、これをホップ済信号として出力する。

【0037】

さらに、送信工程では、当該ホップ済信号を送信する。

【0038】

また、本発明の送信方法において、変調工程では、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号について、当該中間信号を直並列変換した結果と、ヌル信号と、既知信号と、をあわせて逆フーリエ変換し、その結果を並直列変換して、当該変調済信号群に含まれる変調済信号の1つを得るように構成することができる。

【0039】

本発明の他の観点に係る受信方法は、受信工程と、周波数デホッピング工程と、直並列変換工程と、復調工程と、並直列変換工程と、逆変換工程と、を備え、以下のように構成する。

【0040】

すなわち、受信工程では、信号を受信して、これを受信信号として出力する。

【0041】

一方、周波数デホッピング工程では、当該受信信号を周波数デホッピングして、これをデホップ済信号として出力する。

【0042】

さらに、直並列変換工程では、当該デホップ済信号を直並列変換して、これらを中間信号群として出力する。

【0043】

そして、復調工程では、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重復調して、これらを復調済信号群として出力する。

【0044】

一方、並直列変換工程では、当該復調済信号群を並直列変換して、これを直列化済信号として出力する。

【0045】

さらに、逆変換工程では、当該直列化済信号を逆ウォルシュ・アダマール変換して、これを伝送信号として出力する。

【0046】

また、本発明の受信方法において、復調工程では、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号について、当該中間信号を直並列変換し、これらをフーリエ変換し、当該結果のうち、所定のサブキャリアに対応するものを干渉信号、他のサブキャリアに対応するものを並直列変換して希望信号とし、当該既知信号の電力と、当該干渉信号の電力と、から、重みを決定し、当該重みを当該希望信号に乗じて、当該復調済信号群に含まれる復調済信号の1つを得るように構成することができる。

【0047】

また、本発明の受信方法において、当該復調済信号群のうちk番目の復調済信号は、当該既知信号の電力 $\sigma^2_{\text{g}}(k)$ 、当該干渉信号の電力 $\sigma^2_{\text{i}}(k)$ に対して、当該重み $\rho(k)$ を

$$\rho(k) = \sigma^2_{\text{g}}(k) / (\sigma^2_{\text{g}}(k) + \sigma^2_{\text{i}}(k))$$

と決定して、得るように構成することができる。

【0048】

本発明のその他の観点に係るプログラムは、コンピュータを、上記の送信装置もしくは受信装置として機能させ、または、コンピュータに上記の送信方法もしくは受信方法を実行させるように構成する。

【0049】

当該プログラムは、コンパクトディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、デジタルビデオディスク、磁気テープ、半導体メモリ等のコンピュータ読取可能な情報記録媒体に記録することができる。

【0050】

上記プログラムは、当該プログラムが実行される通信端末とは独立して、コンピュータ通信網を介して配布・販売することができる。また、上記情報記録媒体は、当該通信端末とは独立して配布・販売することができる。

【0051】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施形態を説明する。なお、以下に説明する実施形態は説明のためのものであり、本願発明の範囲を制限するものではない。したがって、当業者であればこれらの各要素もしくは全要素をこれと均等なものに置換した実施形態を採用することが可能であるが、これらの実施形態も本願発明の範囲に含まれる。

【0052】

(送信装置の実施の形態)

図1は、本発明の実施形態の1つに係る送信装置の概要構成を示す説明図である。以下、本図を参照して説明する。

【0053】

本実施形態の送信装置101は、変換部102と、直並列変換部103と、変調部104と、並直列変換部105と、周波数ホッピング部106と、送信部107と、を備える。

【0054】

まず、変換部102は、伝送信号をウォルシュ・アダマール変換して、これを交換済信号として出力する。ここで、伝送信号としては、たとえば、伝送すべき情報をQAM変調した結果を利用することができる。ここでウォルシュ・アダマール変換を用いることにより、伝送すべき情報が周波数ホッピングする全スロットに均等に拡散することとなる。

【0055】

ついで、直並列変換部103は、当該交換済信号を複数の信号に直並列変換して、これらを中間信号群として出力する。

【0056】

さらに、変調部104は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重変調して、これらを変調済信号群として出力する。すなわち、変調部104には、複数のOFDM変調器が含まれ、それぞれのOFDM変調器が、それぞれの中間信号を変調する。

【0057】

そして、並直列変換部105は、当該変調済信号群に含まれる変調済信号を並直列変換して、これを直列化済信号として出力する。

【0058】

一方、周波数ホッピング部106は、当該直列化済信号を周波数ホッピングして、これをホップ済信号として出力する。

【0059】

さらに、送信部107は、当該ホップ済信号を送信する。

【0060】

図2は、変調部104が備えるOFDM変調器の1つの概要構成を示す説明図である。以下、本図を参照して説明する。

【0061】

OFDM変調器201は、直並列変換部202と、逆フーリエ変換部203と、並直列変換部204と、を備える。

【0062】

まず、直並列変換部202は、中間信号の1つを直並列変換して複数の信号を得る。

【0063】

ついで、逆フーリエ変換部203は、当該得られた複数の信号と、ヌル信号（ヌルシンボルからなる信号）と、既知信号（パイロット信号）と、の入力を受け付けて、これらを逆フーリエ変換して複数の信号を得る。

【0064】

そして、並直列変換部204は、逆フーリエ変換した結果を並直列変換して、これを変調済信号の1つとして出力する。

【0065】

このように、逆フーリエ変換部203において、ヌル信号、すなわち、振幅値ゼロの信号を少なくとも1つ（複数であっても良い。）を挿入することによって、OFDM変調の所定のサブキャリアにヌル信号を与える。また、既知信号、すなわち、送信装置101と受信装置とで共有される信号を少なくとも1つ（複数であっても良い。）適宜他のサブキャリアに挿入する。

【0066】

後述するように、受信装置では、これらのヌル信号および既知信号に対応するサブキャリアの信号を調べる。伝搬路において干渉がなければ、ヌル信号に相当するサブキャリアの検出値の平均はゼロとなるが、干渉があれば、干渉信号値に応じた値が検出される。そして、既知信号に相当するサブキャリアの検出値と、ヌル信号（干渉信号）に相当するサブ

キャリアの検出値と、を用いて、重み付けを行うのである。

【0067】

逆フーリエ変換部203に与えるヌル信号の数は、受信装置熱雑音に起因する推定誤差を小さくするためには、多くした方が良いが、多すぎると伝送レートが低下してしまう。そこで、許容誤差に対応する適切な数を選択する必要がある。

【0068】

(受信装置の実施の形態)

図3は、本発明の実施形態の1つに係る受信装置の概要構成を示す説明図である。以下、本図を参照して説明する。

【0069】

本実施形態の受信装置301は、受信部302と、周波数デホッピング部303と、直並列変換部304と、復調部305と、並直列変換部306と、逆変換部307と、を備える。

【0070】

まず、受信部302は、送信装置101から送信された信号が伝搬路を経由して到達したものを受信して、これを受信信号として出力する。

【0071】

一方、周波数デホッピング部303は、当該受信信号を周波数デホッピングして、これをデホップ済信号として出力する。

【0072】

さらに、直並列変換部304は、当該デホップ済信号を直並列変換して、これらを中間信号群として出力する。

【0073】

そして、復調部305は、当該中間信号群に含まれるそれぞれの中間信号を直交周波数分割多重復調して、これらを復調済信号群として出力する。すなわち、復調部305には、複数のOFDM復調器が含まれ、それぞれのOFDM復調器が、それぞれの中間信号を復調する。この際に、後述するように、重み付けを行うことが望ましい。

【0074】

一方、並直列変換部306は、当該復調済信号群を並直列変換して、これを直列化済信号として出力する。

【0075】

さらに、逆変換部307は、当該直列化済信号を逆ウォルシュ・アダマール変換して、これを伝送信号として出力する。

【0076】

また、上記のように、送信装置101においてQAM変調した結果を伝送信号として利用している場合には、逆変換部307が出力した伝送信号をQAM復調することによって、伝送すべき情報を得ることができる。

【0077】

図4は、復調部305が備えるOFDM復調器の1つの概要構成を示す説明図である。以下、本図を参照して説明する。

【0078】

OFDM復調器401は、直並列変換部402と、フーリエ変換部403と、並直列変換部404と、重み付け部405と、を備える。なお、既知信号(パイロット信号)を用いた位相・強度補償を公知の技術により行うが、理解を容易にするため、当該補償については図示を省略する。

【0079】

まず、直並列変換部402は、中間信号の1つを直並列変換して、複数の信号を得る。

【0080】

ついで、フーリエ変換部403は、当該得られた複数の信号をフーリエ変換する。これによって、以下の信号が得られる。

・送信装置101でヌル信号を与えたサブキャリアに対応する信号。以下「干渉信号」と呼ぶ。

・送信装置101でパイロット信号を与えたサブキャリアに対応する信号。以下「既知信号」と呼ぶ。

・送信装置101で中間信号群を与えたサブキャリアに対応する信号群。

【0081】

並直列変換部404は、得られた信号群を並直列変換して、これを希望信号として得る。

【0082】

重み付け部405は、既知信号の電力 σ^2_s と、干渉信号の電力 σ^2_i と、を検出する。

【0083】

なお、ここまでの手法は、[非特許文献2]においては、これらの電力の比により、希望信号対干渉信号の電力比を推定する技術と原理を同じくする。

【0084】

そして、重み付け部405は、重み ρ を計算式

$$\rho = \sigma^2_s / (\sigma^2_s + \sigma^2_i)$$

により決定する。

【0085】

そして、得られた希望信号に重み ρ を乗じて、これを復調済信号の1つとして出力する。

【0086】

なお、実施形態の適用分野によっては、重み付けを省略することとしても良い。後述するように、重み付けを省略した場合であっても、従来に比べて性能が向上する。

【0087】

(理論的背景)

このような通信技術を利用した場合、k番目のOFDM復調器401における既知信号電力を $\sigma^2_s(k)$ 、干渉信号電力を $\sigma^2_i(k)$ 、受信装置301の熱雑音量を σ^2_n とし、重み付け係数を $\rho(k)$ とすると、ビット誤り率の理論値は、以下のようになる。

$$\text{BER} = \text{Pe}(\phi);$$

$$\phi = \sum_k \sigma^2_s(k) / [\sum_k \{ (1 - \rho(k))^2 \sigma^2_s(k) + \rho(k)^2 \sigma^2_i(k) \} + L \sigma^2_n]$$

【0088】

ここで、 $\text{Pe}(\cdot)$ は、QAM変復調における理論誤り率である。さて、最適な重み付け係数 $\rho(k)$ を求めるには、 ϕ を各 $\rho(k)$ について偏微分し、その値をゼロとすることによって得られる。すなわち、

$$\rho(k) = \sigma^2_s / (\sigma^2_s + \sigma^2_i)$$

は、この計算によって得られた結果である。

【0089】

(実験の結果)

図5は、本実施形態による方式と、従来のOFDM/周波数ホッピング方式と、を比較した実験結果を示すグラフである。以下、本図を参照して説明する。

【0090】

本グラフは、横軸がユーザ数、縦軸がBERである。また、●は本実施形態において重み付けを行う場合、▲は本実施形態において重み付けを行わない場合、■は従来の手法(単なるOFDM伝送)である。

【0091】

本図を見れば明かなように、ウォルシュ・アダマール変換/逆変換を利用することによって、希望信号を周波数方向と時間方向の各スロットにおいて平均化することにより、ビット誤り率が低下することがわかる。また、重み付けを行うことによって、さらにビット誤り率を低下させることができる。

【0092】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、周波数ホッピング伝送のスロットによって干渉量が異なる場合であっても伝送誤りを軽減するのに好適な送信装置、受信装置、送信方法、受信方法、ならびに、これらをコンピュータにより実現するプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の1つに係る送信装置の概要構成を示す説明図である。

【図2】送信装置の変調部において用いられるOFDM変調器の概要構成を示す説明図である。

【図3】本発明の実施形態の1つに係る受信装置の概要構成を示す説明図である。

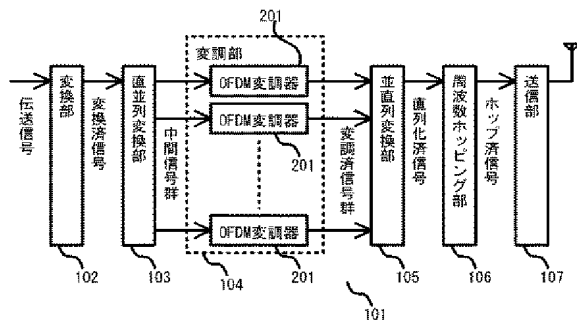
【図4】受信装置の復調部において用いられるOFDM復調器の概要構成を示す説明図である。

【図5】本実施形態による方式と、従来のOFDM／周波数ホッピング方式と、を比較した実験結果を示すグラフである。

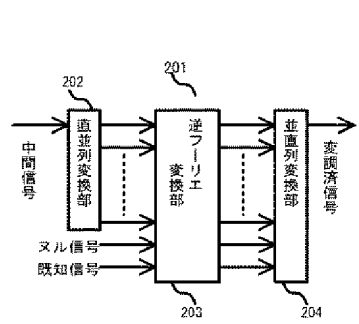
【符号の説明】

- 101 送信装置
- 102 変換部
- 103 直並列変換部
- 104 変調部
- 105 並直列変換部
- 106 周波数ホッピング部
- 107 送信部
- 201 OFDM変調器
- 202 直並列変換部
- 203 逆フーリエ変換部
- 204 並直列変換部
- 301 受信装置
- 302 受信部
- 303 周波数デホッピング部
- 304 直並列変換部
- 305 復調部
- 306 並直列変換部
- 307 逆変換部
- 401 OFDM復調器
- 402 直並列変換部
- 403 フーリエ変換部
- 404 並直列変換部
- 405 重み付け部

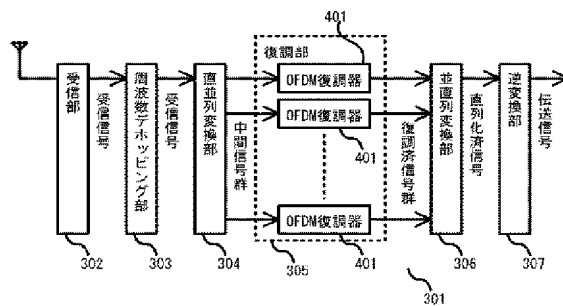
【図1】



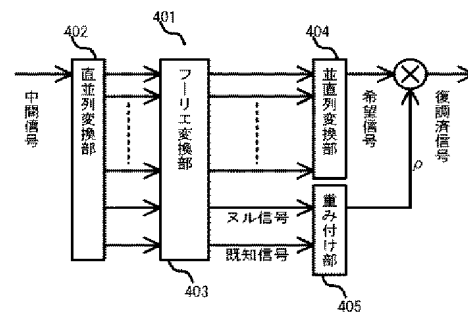
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

